

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 9 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

Установите соответствие между анаграммами названий (систематических или тривиальных) химических веществ и их формулами. Пример: курносый мопед — $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (анаграмма тривиального названия «медный купорос»).



Анаграммы — перестановки букв в словах или словосочетаниях, приводящие к появлению новых, при этом слов может стать больше или меньше, строчные буквы могут стать заглавными или наоборот.

Ответ:

Вольная персона	NaCl
Выпавший платок	CaF_2
Реалистка Соня	H_2SO_4
Лось Рома	$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Девятая ложа	D_2O
Стулья калифа	K_2SO_4

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 6 баллов

Решение.

Вольная персона — поваренная соль — NaCl

Выпавший платок — плавиковый шпат — CaF₂

Реалистка Соня — серная кислота — H₂SO₄

Лось Рома — соль Мора — (NH₄)₂Fe(SO₄)₂·6H₂O

Девятая ложка — тяжёлая вода — D₂O

Стулья калифа — сульфат калия — K₂SO₄

Задание № 2

Условие:

Установите соответствие между свойствами атомов и последовательностями их значений для отдельных элементов.

Ответ:

1, 2, 3, 5, 5, 6, 7, 8	Числа d -электронов в атомах первых восьми d -элементов
1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 16	Числа нуклонов в самом легком из стабильных изотопов первых восьми элементов
1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 2	Наивысшие известные степени окисления первых восьми элементов
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Числа протонов в атомах первых восьми элементов
3, 4, 5, 6, 7, 6, 5, 4	Наивысшие известные степени окисления первых восьми d -элементов
1, 2, 1, 2, 3, 4, 5, 6	Числа электронов на внешней электронной оболочке первых восьми элементов

За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 3 балла

Решение.

Числа протонов в атомах первых восьми элементов совпадают с их порядковыми номерами — 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Числа нуклонов в самом лёгком из стабильных изотопов первых восьми элементов совпадают с массовыми числами этих изотопов и близки (но не совпадают точно) к атомным массам элементов — 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 16.

Числа электронов на внешней электронной оболочке первых восьми элементов — 1, 2, 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Наивысшие известные степени окисления первых восьми элементов совпадают либо с числом электронов на внешней оболочке, либо с числом электронов, недостающим для ее заполнения — 1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 2.

Наивысшие известные степени окисления первых восьми *d*-элементов 3, 4, 5, 6, 7, 6, 5, 4 — до железа совпадают с общим числом 4*s* и 3*d*-электронов.

Числа *d*-электронов в атомах первых восьми *d*-элементов 1, 2, 3, 5, 5, 6, 7, 8 — последовательно возрастают на единицу за исключением хрома, у которого один *s*-электрон «проваливается» на 3*d*-уровень.

Задание № 3

Общее условие:

Бинарные газообразные соединения X и Y, состоящие из одних и тех же элементов, смешали в закрытом сосуде в соотношении 2 к 1. Плотность полученной газовой смеси при н.у. составила 1.73 г/л. Если смешать X и Y в соотношении 1 к 2, плотность полученной газовой смеси по воздуху составит 1.15.

Условие:

Определите компонент смеси с меньшей молярной массой.

Ответ:

- X
- Y
- Недостаточно данных

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите любую из возможных формул компонента смеси с меньшей молярной массой.

Ответ: CO или C₂H₄

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите любую из возможных формул компонента смеси с большей молярной массой.

Ответ: CO₂ или C₃H₈

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Плотность газовой смеси при н.у. — это отношение средней молярной массы к газовой смеси к молярному объёму, равному 22.4 л/моль. Средняя молярная масса может быть найдена умножением плотности на молярный объём:

$$M_{cp}(1) = 1.73 \cdot 22.4 = 38.75 \text{ г/моль.}$$

Относительная плотность смеси по воздуху — это отношение средней молярной смеси к молярной массе воздуха, равной 29 г/моль. Тогда:

$$M_{cp}(2) = 1.15 \cdot 29 = 33.35 \text{ г/моль.}$$

Средняя молярная смеси определяется как сумма молярных масс компонентов, умноженных на их мольные доли:

$$M_{cp} = \chi_1 M_1 + \chi_2 M_2$$

Мольные доли X и Y в первой смеси равны 2/3 и 1/3, соответственно; во второй смеси эти значения составляют 1/3 и 2/3. Тогда:

$$M_{cp}(1) = \frac{2}{3} M(X) + \frac{1}{3} M(Y) = 38.75$$

$$M_{cp}(2) = \frac{1}{3} M(X) + \frac{2}{3} M(Y) = 33.35$$

Решением данной системы будет $M(X) = 44 \text{ г/моль}$; $M(Y) = 28 \text{ г/моль}$.

Подходящие пары газов: CO₂/CO или C₃H₈/C₂H₄.

Задание № 4

Условие:

Атомная масса протетия в таблице Менделеева заключена в квадратные скобки: [145]. Что это означает?

Ответ:

- Единственный стабильный изотоп протетия имеет массовое число 145
- Атомная масса протетия определена лишь с точностью до целого числа 145
- Самый долгоживущий изотоп протетия имеет массовое число 145
- Самый распространенный в природе изотоп протетия имеет массовое число 145
- Единственный известный изотоп протетия имеет массовое число 145
- В среднем известные изотопы протетия имеют массовое число 145

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

В квадратных скобках указывают массовое число самого долгоживущего изотопа радиоактивных (за исключением распространённых в природе, как, например, уран) элементов.

Задание № 5

Общее условие:

Повар приготовил ужин в герметичной скороварке, добавив к 2000 мл воды 100 г перловой крупы, 20 г дубовой коры, 50 г дорожной пыли и 70 г болотной тины. После охлаждения он отфильтровал разварившуюся кашу от аппетитного бульона. Объем аппетитного бульона (не содержащего, впрочем, практически ничего, кроме воды) составил 1300 мл.



Условие:

Определите массу разваренной каши. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 940

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите содержание воды в разваренной каше, если перловая крупа содержала 10 % воды по массе, болотная тина — 50 % воды, а остальные ингредиенты были совершенно сухими. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 79

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Плотности воды и бульона примем равными 1.00 г/мл. Массу разваренной каши можно определить как разницу между начальной массой смеси и массой аппетитного бульона.

Общая масса смеси = 2000 г + 100 г + 20 г + 50 г + 70 г = 2240 г

Масса аппетитного бульона = 1300 г

Масса разваренной каши = 2240 г – 1300 г = 940 г

Масса воды в перловой крупе:

$100 \text{ г} \cdot 10 \% = 10 \text{ г}$

Масса воды в болотной тине:

$70 \text{ г} \cdot 50 \% = 35 \text{ г}$

Общая масса воды в разваренной каше:

$2000 \text{ г} + 10 \text{ г} + 35 \text{ г} - 1300 \text{ г} = 745 \text{ г}$

Найдём процентное содержание воды в разваренной каше:

$(745 \text{ г} / 940 \text{ г}) \cdot 100 \% = 79 \%$

Задание № 6

Условие:

Выберите корректные названия неорганических соединений на русском языке:

Ответ:

- Серат натрия
- Фосфат натрия
- Бромат натрия
- Фторат калия
- Перодат калия
- Перхлорид калия

Точное совпадение ответа со штрафом за неверный ответ — 4 балла

Решение.

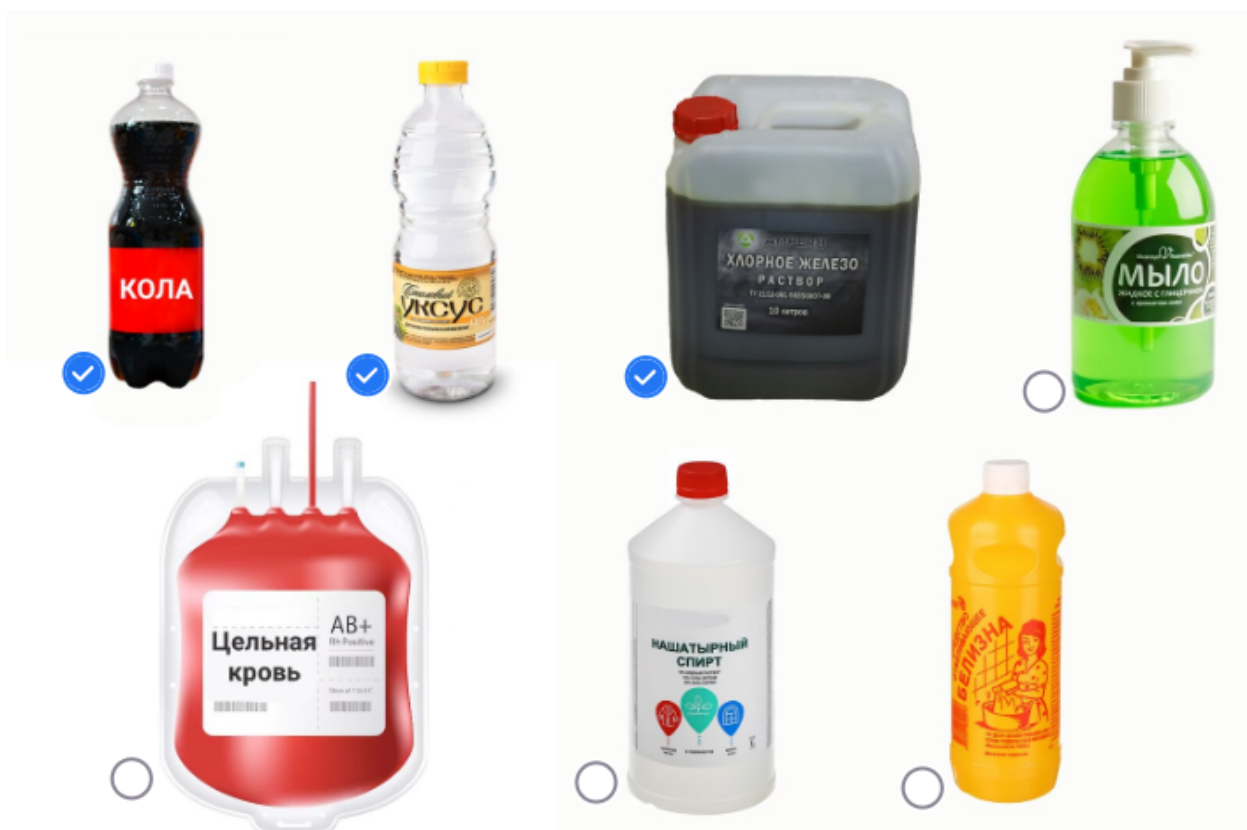
Бромат натрия (NaBrO_3) и перодат калия (KIO_4), остальные названия некорректны.

Задание № 7

Условие:

Выберите жидкости, которые имеют кислую реакцию среды:

Ответ:



Точное совпадение ответа со штрафом за неверный ответ — 3 балла

Решение.

Кислую реакцию имеют кока-кола, содержащая фосфорную кислоту, уксус, содержащий уксусную кислоту, и раствор хлорного железа FeCl_3 из-за гидролиза. Кровь имеет слабощелочной pH 7.4, нашатырный спирт представляет собой раствор основания NH_4OH , а «Белизна» (раствор гипохлорита натрия NaClO) и мыло имеют щелочную реакцию из-за гидролиза содержащихся в них солей слабых кислот.

Задание № 8

Общее условие:

Юный химик, разбирая реактивы, обнаружил ампулу с надписью «10.0 % раствор». «Интересно», — подумал будущий учёный. Он поместил каплю жидкости из банки на полоску универсального индикатора, который при этом приобрёл ярко-красную окраску.



Условие:

Что может содержаться в растворе?

Ответ:

- Кислота
- Негидролизующаяся соль
- Соль, гидролизующаяся по аниону
- Основание
- Соль, гидролизующаяся по катиону

Точное совпадение ответа со штрафом за неверный ответ — 2 балла

Условие:

«Ясно», — решил юный химик, после чего отобрал из ампулы 4 пробы по 1.000 г, разбавил водой, бросил в раствор кусочек индикаторной бумаги и оттитровал 0.100 М раствором гидроксида натрия до перехода окраски бумаги из красной в синюю. Этот переход наблюдался после добавления еще

одной капли раствора щелочи при уже добавленном объеме, величина которого приведена в таблице. При этом раствор оставался прозрачным, появления какого-либо запаха замечено не было. Запишите формулу соединения, присутствовавшего в ампуле.

№ эксперимента	1	2	3	4
V_{NaOH} , мл	20.3	20.5	20.6	20.4

Ответ: H_2SO_4

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Красная окраска универсального индикатора, как видно по шкале, указывает на $\text{pH} \leq 3$, т.е. на сильнокислый раствор. Такую среду в растворе могут создать кислота или соль, гидролизующаяся по катиону (например, соль алюминия: $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+$). Более вероятно, безусловно, что в ампуле находится раствор кислоты, т.к. раствор сильнокислый. Исходя из этого предположения проведем расчёт.

Определим средний объем щёлочи, который ушел на титрование:

$$V(\text{NaOH})_{\text{cp}} = \frac{20.3 + 20.5 + 20.6 + 20.4}{4} = 20.45 \text{ мл}$$

Для одноосновной кислоты справедливо следующее соотношение:

$$n(\text{к-ты}) = n(\text{NaOH}) = C(\text{NaOH})_{\text{cp}} \cdot V(\text{NaOH}).$$

$$n(\text{к-ты}) = 0.1 \cdot 20.45 = 2.045 \text{ ммоль}$$

Масса кислоты в растворе составляла $10\% \cdot 1.000 \text{ г} = 0.1 \text{ г}$.

Тогда молярная масса кислоты:

$$M = m/n = 0.1/0.002045 = 49 \text{ г/моль} \text{ — такой кислоты нет.}$$

Для двухосновной кислоты справедливо следующее соотношение:

$$n(\text{к-ты}) = 1/2 n(\text{NaOH}) = 1/2 C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}).$$

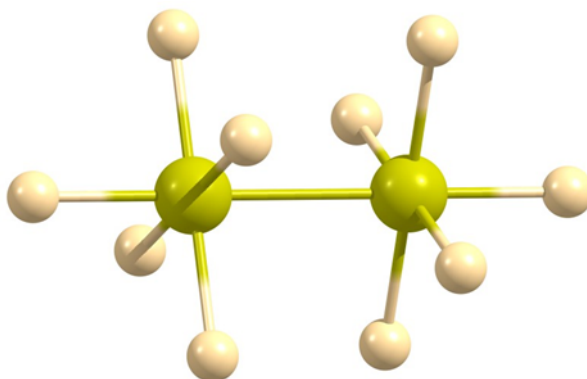
$$n(\text{к-ты}) = 0.1 \cdot 20.45/2 = 1.023 \text{ ммоль}$$

$M = m/n = 0.1/0.001023 = 98 \text{ г/моль}$ — такую молярную массу имеют серная и фосфорная кислоты. Однако для фосфорной кислоты переход окраски индикатора будет нерезкий, вначале будет фиксироваться изменение окраски на жёлтую при титровании по первой ступени. Таким образом, правильный ответ — серная кислота.

Задание № 9

Общее условие:

Перед вами изображено пространственное строение молекулы соединения, содержащего 74.8 % фтора по массе.



Условие:

Определите молярную массу соединения. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 254

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите химическую формулу этого соединения.

Ответ: S_2F_{10}

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Из рисунка видно, что соединение состоит из двух элементов, атомы одного из них окрашены зеленоватым цветом, атомы второго — жёлтым. Поскольку фтор может проявлять исключительно валентность 1, жёлтые шары

изображают именно атомы фтора. Тогда искомое соединение имеет состав X_2F_{10} .

Тогда можно составить пропорцию:

$$10 \cdot 19 = 74.8 \%$$

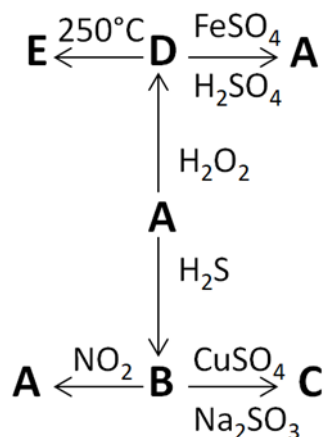
$$2M = 25.2 \%$$

$M = 32$ а.е.м., что соответствует сере. Таким образом, искомое соединение S_2F_{10} .

Задание № 10

Условие:

Дана схема превращений соединений элемента X. Установите соответствие между зашифрованными веществами А — Е и их формулами.



Ответ:

A	I ₂
B	HI
C	CuI
D	HIO ₃
E	I ₂ O ₅
	I
	HIO
	CuI ₂

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Решение.

Как следует из приведённой схемы, вещество **D** при нагревании превращается в **E**. Данному переходу соответствует превращение $\text{HXO}_3 \rightarrow \text{X}_2\text{O}_5$.

Тогда вещество **A** под действием перекиси водорода превращается в кислоту HXO_3 . Следовательно, **A** — либо простое вещество, либо бинарное

соединение с водородом (другие варианты из приведённого списка не подходят). Сероводород — восстановитель, способен восстановить вещество **A**. Тогда **A** — простое вещество, **B** — соединение с водородом.

Набор степеней окисления элемента **X**, наличие бинарного соединения с водородом указывают на то, что **X** — элемент нечётной группы, образуемое им простое вещество является неметаллом. То есть, **X** — либо пниктоген, либо галоген. Однако пниктогены не восстанавливаются сероводородом, следовательно, в задаче рассмотрены свойства галогенов. Хлор и бром не образуют оксиды X_2O_5 , значит, неизвестный элемент — иод (**I**).

A — I_2 , **B** — HI , **D** — $HI O_3$, **E** — I_2O_5 . При взаимодействии иодид-иона с ионом меди ($2+$) происходит восстановление меди с образованием CuI (**C**).

Задание № 11

Условие:

Имеются водные растворы соединений: KSCN, AgNO₃, Na₂SO₄, NH₃, HNO₃, NaOH, Ba(NO₃)₂, FeCl₃. Установите соответствие между парами растворов и эффектами, к которым приводит их сливание. Обратите внимание на то, что нужно соединить два раствора из левого столбца с одним признаком из правого.

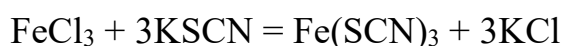
Ответ:

KSCN	Появление ярко-красного окрашивания
FeCl ₃	
AgNO ₃	Выпадение коричнево-чёрного осадка
NaOH	
Na ₂ SO ₄	Выпадение осадка, нерастворимого в аммиачной воде
Ba(NO ₃) ₂	
NH ₃	
HNO ₃	

Точное совпадение ответа со штрафом за неверный ответ — 3 балла

Решение.

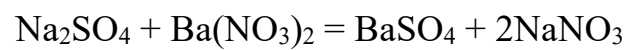
Среди имеющихся в списке реактивов ярко-красное окрашивание способна дать пара FeCl₃/KSCN — это известная качественная реакция на ионы железа (III):



Среди оставшихся реагентов из списка осадок чёрного цвета могут дать только нитрат серебра и гидроксид натрия — это оксид серебра (I) Ag₂O, образующийся по реакции:



Осадок, нерастворимый в присутствии аммиака — BaSO_4 , который получается из Na_2SO_4 и $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.




Задание № 12

Условие:

Установите соответствие между описаниями различных химических веществ или растворов и их цветами.

Ответ:

Этот раствор можно встретить в домашней аптечке, где он применяется в качестве антисептика	Коричневый	
Для дезинфекции воды иногда добавляют кристаллики этой соли в воду. В химии она используется как окислитель	Фиолетовый	
Эта аллотропная модификация простого вещества имеет молекулярное строение с тетраэдрическими молекулами из четырех атомов. Она легко окисляется кислородом, что сопровождается свечением	Белый с желтоватым оттенком	
Этот неметалл встречается в природе в зонах вулканической активности. Одна из кислот, образуемая им, в огромных количествах потребляется промышленностью	Жёлтый	

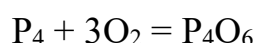
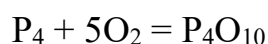
<p>Этот раствор образуется, если к подкисленному оранжевому раствору соли переходного металла, являющейся сильным окислителем, добавить щавелевую кислоту</p>	
---	--

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Решение.

Раствор, который можно встретить в домашней аптечке и который применяется в качестве антисептика — раствор иода, бриллиантового зелёного (зелёнка), перекиси водорода или марганцовка. Но все варианты, кроме иода, отпадают, как будет видно далее. Раствор иода имеет бурый цвет. Для дезинфекции воды в неё часто добавляют кристаллик марганцовки (перманганата калия), которая обладает антисептическим действием. Раствор имеет тёмно-фиолетовый цвет.

Под описание третьего пункта подпадает белый фосфор, который существует в виде тетраэдрических молекул P_4 . В присутствии кислорода протекают реакции окисления фосфора до его оксидов:



Под описание четвёртого пункта попадает сера. Месторождения самородной серы часто встречаются в областях вулканической активности, а серная кислота является одним из самых крупнотоннажных продуктов мировой химической промышленности.

Оранжевых солей переходных металлов не так много, самые известная — дихромат, который является сильным окислителем, особенно в кислой среде. В таких условиях восстановление дихромата протекает до солей Cr^{3+} , которые имеют сине-зелёный цвет.

